

Aku Jaakkola

Tekninen selvitys puhallinkonvektorijärjestelmästä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

12.4.2017

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Aku Jaakkola Tekninen selvitys puhallinkonvektorijärjestelmistä 31 sivua + 8 liitettä 12.4.2017
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI, tuotantopainotteinen
Ohjaajat	myyntipäällikkö Jukka Mentula lehtori Seppo Innanen
<p>Insinööriityössäni tavoitteena oli tehdä tekninen selvitys puhallinkonvektorijärjestelmistä ilmastoinnin jäähdytyksessä. Samalla tarkoitukseni oli avata lukijalle uutta VariPro-säätöjärjestelmää sekä esitellä uutena laitteisiin tulleen paineriippumattoman venttiilin toimintaa ja hyötyjä. Toimeksiantajani on Tuusulassa sijaitseva kotimainen jäähdytyslaitevalmistaja Chiller Oy.</p> <p>Työssä kirjallisten lähteiden lisäksi haastateltiin yrityksen eri henkilöitä. Haastatteluiden pohjalta pääsin syvemmin kiinni laitteiden mekaniikkaan ja toimintaan.</p> <p>Työssä käydään läpi aluksi yleistä teoriaa sekä fysiikkaa ilmastoinnin jäähdyttämisestä. Tämän jälkeen vuorossa on laitteiden yleisesittely sekä yksityiskohtaisempaa tietoa yrityksen eri laitteista ja lisävarusteista. Työssä on myös esitetty erilaisia valintakriteereitä oikeanlaisen laitteen valintaan. VariPro-säätöjärjestelmä ja paineriippumaton venttiili esitellään omina kokonaisuuksinaan.</p> <p>Uusi VariPro-säätöjärjestelmä tuo ilmastoinnin jäähdyttämisen nykyaikaan sekä on käytettävyydeltään ja ominaisuuksiltaan ylivoimainen verrattuna vanhoihin seinäsäätimiin. Paineriippumaton venttiili puolestaan säästää kustannuksia jo käyttöönottovaiheesta asti ja parantaa säädettävyyttä sekä tätä kautta järjestelmän energiatehokkuutta merkittävästi.</p> <p>Tehtyä työtä voidaan käyttää pohjana puhallinkonvektorien teknisen manuaalin tekemisessä tai suoraan apuna laitevalinnassa.</p>	
Avainsanat	puhallinkonvektori, ilmastointi, jäähdytys, VariPro, paineriippumaton venttiili

Author Title	Aku Jaakkola Technical description of fan coil unit systems
Number of Pages Date	31 pages + 8 appendices 12 April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Production Orientation
Instructors	Jukka Mentula, Sales Manager Seppo Innanen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to investigate cooling fan coil systems for air conditioning. A secondary goal was to introduce the new VariPro automatic adjustment controller for fan coil systems, as well as to discuss a pressure independent valve as a new component in cooling systems generally. The sources of information for this project were literature and interviews with the personnel of the manufacturing company.</p> <p>The final year project collected theory and physics of air cooling in general, and studied the product portfolio of a company to get detailed information about devices and accessories. In addition, different product selection criteria were looked into in order to get a view of how to choose the right setup. VariPro room controller and pressure independent valve was studied separately in detail.</p> <p>The advantages of the VariPro adjustment system, a new technology in air cooling, were shown to be significant. The pressure independent valve saves costs because the system can be adjusted more precisely which provides better energy efficiency. The project results can be used as a base for the production of technical manuals for fan coil units. A HVAC designer can also use this project directly to choose the right device.</p>	
Keywords	fan coil unit, air conditioning, cooling, VariPro, pressure independent valve

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Teoria	2
2.1	Yleistä	2
2.2	Fysiikkaa	3
3	Laite-esittely	5
3.1	Yleisesittely	5
3.2	BOX VariPro	7
3.3	Grand VariPro	9
3.4	Studio VariPro	10
3.5	Giant VariPro	11
4	Lisävarusteet	12
4.1	Kondenssipumppu	12
4.2	2- ja 3-tieventtiili	14
4.3	VariPro-seinäsäädin	14
4.4	VariPron digitaali- ja analogiliitynnät	16
4.4.1	Kiertovesipumpun ohjaus	17
4.4.2	Lämmityksen pudotus	17
4.4.3	Radiaattorilämmityksen ohjaus	18
4.4.4	Hiilidioksidin, kosteuden ja erillisen lämpötilan mittaus	19
4.4.5	Käyntilupa	19
5	Valintakriteerit	20
5.1	Patterien reititys	20
5.2	Äänitekniset vaatimukset	22
5.3	Venttiilit	23
5.4	Ohjaus	23
6	Paineriippumaton venttiili	24
6.1	Toimintaperiaate	24
6.2	Hyödyt	25
7	Yhteenveto	28

Liitteet

Liite 1. Tekninen valinta BOX VariPro-80-M-4 7/12 °C -vesiverkossa

Liite 2. BOX VariPro-80-M-4, patterin mitoitus 7/12 °C -vesiverkossa

Liite 3. BOX VariPro-80-M-4, Mollier-diagrammissa 7/12 °C -vesiverkossa

Liite 4. Tekninen valinta BOX VariPro-80-M-4 15/18 °C -vesiverkossa

Liite 5. BOX VariPro-80-M-4, patterin mitoitus 15/18 °C -vesiverkossa

Liite 6. BOX VariPro-80-M-4, Mollier-diagrammissa 15/18 °C -vesiverkossa

Liite 7. VariPro-sähkökuva säätimellä

Liite 8. VariPro-sähkökuva, kun ohjaus taloautomaatiosta ilman väylää

Lyhenteet

BOX VariPro	Kasettimallinen puhallinkonvektori
Giant VariPro	Suurteho puhallinkonvektori
Grand VariPro	Otsapinnasta puhaltava puhallinkonvektori
Studio VariPro	Koteloitava ja kanavoitava puhallinkonvektori
VariPro	Chiller Oy:n kehittämä laitteiden ohjausautomaatiikka
VTT	Valtion teknillinen tutkimuskeskus

1 Johdanto

Työn tarkoituksena oli tehdä tekninen selvitys puhallinkonvektorijärjestelmästä. Aineistosta on myös tarkoitus painaa tuotekatalogi, jota voidaan käyttää hyväksi suunnittelu toimistoissa.

Chiller Oy on myös tuonut juuri markkinoille uuden VariPro-seinänsäätimen, joka on muuttanut puhallinkonvektorien sisäisen automatiikan. Uudesta ohjausautomaatiikasta on vain vähän tietoa kentällä, joten tuotekatalogi helpottaa paljon suunnittelijoita.

Tärkeänä osana työtä on myös yrityksen tuotteisiin tuleva paineriippumaton venttiili. Vastaavaa ei ole ennen Suomessa juuri käytetty jäähdytysverkostoissa. Työssä tutkitiin sen käyttäytymistä sekä hyötyjä verrattuna vanhoihin venttiileihin, sillä siinä yhdistyvät samaan vesivirtaaman säätö sekä järjestelmän tasapainotus.



Kuva 1. Chiller Oy logo [1]

Chiller Oy (logo, kuva 1) on erikoistunut kylmätekniisiin tuotteisiin, ja se onkin Suomen johtava jäähdytyslaite- sekä lämpöpumppuvalmistaja. Tärkeimmät tuotteet ovat juuri vedenjäähdyttimet sekä kylmävesiasemat, lämpöpumput, ilmastointilaitteet, tarkkuus- ja vakioilmastointilaitteet. Yritys valmistaa itse kaikki omat tuotteensa Tuusulan tehtaalla. Tämä takaa sen, että jokainen tuote voidaan räätälöidä asiakkaan tarpeen mukaan. Yrityksellä on myös oma asennus- ja huoltopalvelu sekä etähallintapalvelu ServiceNext, jolla voidaan etänä hallita vedenjäähdyttimiä, lämpöpumppuja ja vakioilmastointikoneita, jolloin huoltokustannukset pysyvät kurissa, koneet säästävät energiaa sekä mahdollisiin hälytyksiin voidaan reagoida nopeammin. Yritys perustettiin vuonna 1990, ja se perustettiin alun perin urakointi- ja maahantuontiyhtiöksi, oma tuotanto sai alkunsa vuonna 1994. Aluemyyntikonttoreita on Lahdessa, Turussa, Tampereella, Kuopiossa, Jyväskylässä, Oulussa, Tukholmassa, Jönköpingissä, Tallinnassa, Oslolla sekä Dubaissa. Koko konsernin liikevaihto on hieman alle 30 miljoonaa euroa ja yritys

työllistää tällä hetkellä noin 115 työntekijää. Nimestään huolimatta Chiller Oy on täysin suomalaisessa omistuksessa ja yrityksen omistajat ovat mukana päivittäisessä toiminnassa. [1]

2 Teoria

2.1 Yleistä

Puhallinkonvektorijärjestelmä soveltuu hyvin tiloihin, joissa ilmanvaihdon tarve on suhteellisen pieni ja vastaavasti jäähdytystehon tarve on suuri. Järjestelmä voi olla koko rakennuksen kattava kokonaisuus tai se voi olla hajautettu järjestelmä. Koneille tulevaa kylmää liuosta voidaan tuottaa joko vedenjäähdyttimellä, kaukokylmällä tai maalämpöpumpulla. Lämmönsiirtoaineina laitteissa voidaan käyttää erilaisia liuoksia mutta yleisimmät ovat vesi, etyleeniglykoli ja etyylialkoholi. Vesi toimii parhaiten lämmönsiirtoaineena hyvän ominaislämpökapasiteetin ja viskositeetin johdosta, muita aineita käytetään vain, jos on mahdollinen jäätymisvaara, esimerkiksi jos liuos tulee suoraan ulkoasenteiselta vedenjäähdyttimeltä ilman välillä olevaa välivaihdinta.

Jäähdytysverkkoja on eri lämpötiloilla, kuitenkin yleisin vedenjäähdytyskoneilla ja lämpöpumpuilla tehtävä vesiverkko on 7/12 °C tai joissain tapauksissa 10/15 °C. Kaukokylmässä puolestaan Suomessa toisiopuoli on yleensä 10/15 °C sekä jossain tapauksissa myös 10/18 °C. Palkkiverkoston yhteydessä tai jos muuten halutaan kondensoimaton ns. kuiva verkko, käytetään kastepisteohjattua 15/18 °C:n verkkoa. Jäähdytyslaitteet yleensä mitoitetaan 25 °C:n tulevan ilman sekä 50 %:n suhteellisen ilmankosteuden mukaan. Tämä tarkoittaa sitä, että patterille tuleva 25 °C / 50 RH% ilma kondensoituu 13,9 °C:n patterin pinnalle, mikäli tuleva vesi on lämpimämpää kuin 14 °C, kondensoitumista ei tapahdu. Liitteessä 3 ja 6 on esitetty kastepiste mitoitustilanteessa. Kuivan verkon hyöty on se, että erillistä kondenssiviemärointiä ei tarvita, mutta ongelmana on se, että jäähdytystehoa yhdestä koneesta saadaan alle puolet verrattuna 7/12 °C -verkkoon. Vertailu jäähdytystehoista on esitetty liitteissä 1 ja 4, joissa on vertailtu tehotietoja 7/12 ja 15/18 -asteisilla jäähdytysverkon vesillä. Jäähdytysverkon 7/12 °C vesillä saadaan 2,75 kW kokonaisjäähdytystehoa keskinopeudella, kun taas puolestaan jäähdytysverkon 15/18 °C vesillä saadaan 1,05 kW. Verkko 7/12 °C on kuitenkin mitä mainioin varsinkin mukavuus ilmastointiin, sillä se samalla kuivaa ilmaa ja

jäähdytystehoa saadaan reilusti, jolloin ei tarvita välttämättä niin suurta ilmamäärää, joten äänitasot pysyvät matalina. [15]

2.2 Fysiikkaa

Jäähdytysteho voidaan määritellä kokonaistehona tai tuntuvana tehona. Kokonaisteho on latenttijäähdytystehon ja tuntevan tehon summa eli se sisältää myös märkäjäähdytyksen kastepisteen alle jäävän jäähdytys-alueen, ja kokonaisteho saadaan laskettua kaavoilla 1 ja 2. Tuntuva teho tarkoittaa kuivatehoa eli kastepisteen päälle jäävää jäähdytysaluetta, ja se saadaan laskettua kaavalla 3. Kuivaverkossa tuntevan tehon ollessa sama kuin kokonaisjäähdytysteho voidaan käyttää myös kaavaa 2. Tuntuvassa tehossa ilman lämpötila muuttuu ja kosteus pysyy samana. Liitteissä 3 ja 6 on esitetty tietyn saman laitteen jäähdytys samalla ilmamäärällä jäähdytysvesiverkoilla 7/12 °C ja 15/18 °C Mollier-diagrammeilla. Lähtötiedot on esitetty liitteissä 1–2 ja 4–5. Diagrammeista voidaan havaita, että 7/12 °C:n vesi kuivaa ilmaa melko paljon, sillä diagrammissa vasemmalle mentäessä ilman absoluuttinen kosteus muuttuu merkittävästi. Vessillä 15/18 °C ilman absoluuttinen kosteus pysyy samana, sillä kondensaatiota patterin pinnalle ei tapahdu. Kondensoivassa verkossa voidaan patterin pinnalle kondensoituvan veden määrä laskea kaavalla 4 käyttäen hyväksi kokonaisjäähdytystehoa ja tuntuvaa tehoa. [18, s. 26–37.]

$$\phi_{\text{kokonaisteho märkäjähdytys}} = \rho_{\text{ilma}} * q_{\text{ilma}} * \Delta h \quad (\text{kaava 1})$$

$\phi_{\text{kokonaisteho}}$ on kokonaisjäähdytysteho (kW)

ρ_{ilma} on ilman tiheys (kg/m³)

q_{ilma} on ilmamäärä (m³/s)

Δh on tulevan ja lähtevän ilman entalpioiden erotus (kJ/kg)

$$\phi_{\text{kokonaisteho märkäjähdytys}} = q_{\text{vesi}} * c_{p_{\text{vesi}}} * \Delta t_{\text{vesi}} \quad (\text{kaava 2})$$

$\phi_{\text{kokonaisteho}}$ on kokonaisjäähdytysteho (kW)

q_{vesi} on veden virtaama (dm³/s)

$c_{p_{vesi}}$ on veden ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg °C)

Δt on tulevan ja lähtevän veden lämpötilaero (°C)

$$\Phi_{tuntuva\ teho\ kuivajäähditys} = q_{ilma} * c_{p_{ilma}} * \Delta t_{ilma} * \rho_{ilma} \text{ (kaava 3)}$$

$\phi_{tuntuva\ teho}$ on tuntuva jäähdytysteho (kW)

q_{ilma} on ilmamäärä (m³/s)

$c_{p_{ilma}}$ on ilman ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg °C)

Δt_{ilma} on tulevan ja lähtevän ilman lämpötilaero (°C)

ρ_{ilma} on ilman tiheys (kg/m³)

$$K_{laitteen\ kuivauskyky} = \frac{\phi_{kokonaisteho} - \phi_{tuntuva\ teho}}{r_{vesi}} \text{ (kaava 4)}$$

$K_{laitteen\ kuivauskyky}$ on kondensoituvan veden määrä (kg/s)

$\phi_{kokonaisteho}$ on kokonaisjäähdytysteho (kW)

$\phi_{tuntuva\ teho}$ on tuntuva jäähdytysteho (kW)

r_{vesi} on veden höyrystymislämpö (kJ/kg)

3 Laite-esittely

3.1 Yleisesittely

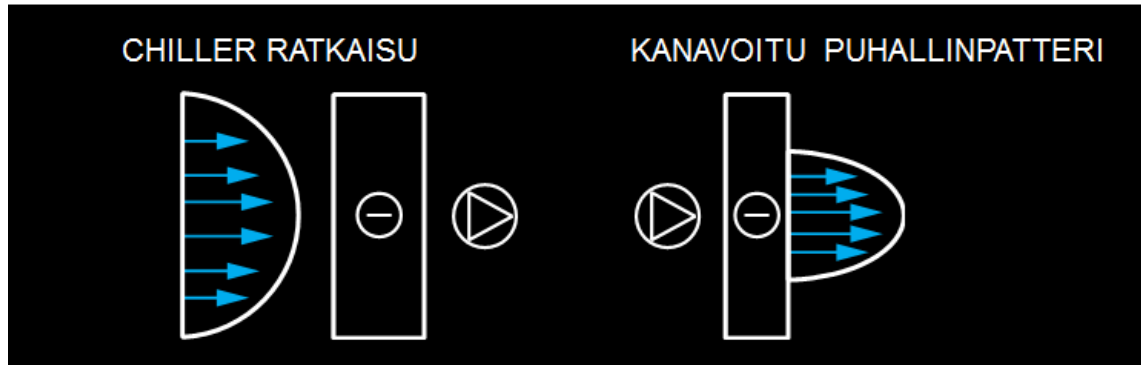
Kaikissa Chiller Oy:n kasetti- ja puhallinkonvektoreissa käytetään lähes ainoastaan ebm-papstin EC-moottorilla varustettuja kuulalaakeroituja puhaltimia. EC-puhaltimilla voidaan puhallinta ohjata portaattomasti 2–10 V:n viestillä siten, että säädettävyys on 0–100 %. Viesti tulee joko suoraan säätimeltä tai taloautomaatiosta. Lyhenne EC tulee englanninkielen sanoista electronically commutated, joka tarkoittaa elektronisesti kommutoitu, mikä taas tarkoittaa puhallinta, jossa on harjaton DC-moottori. DC itsessään tarkoittaa sitä, että moottori toimii tasavirralla. Tämä tekniikka on syrjäyttänyt aikaisemmin puhaltimissa käytetyn AC tekniikan. EC-tekniikka on AC-tekniikkaan verrattuna paljon energiatehokkaampaa, kuten taulukosta 1 näkyy. Kuvassa on verrattu tilannetta, jossa tuotetaan 78–167 litraa jäähdytettyä ilmaa sekunnissa, ja sitä miten paljon sähkötehoa tämä vaatii. EC-tekniikalla varustettujen laitteiden sähkönkulutus pyörii siis LED-lamppujen tasolla. [3]

Taulukko 1. EC ja AC puhaltimien vertailua, mittaukset on tehty VTT:llä [10]

	Ilmamäärä l/s	Ottoteho W	SFP-luku kW/m ³ /s
BOX AC	79	24	0,30
	91	28	0,31
	108	32	0,30
	166	46	0,28
BOX VariPro EC	78	5	0,06
	89	6	0,07
	108	8	0,07
	167	18	0,11

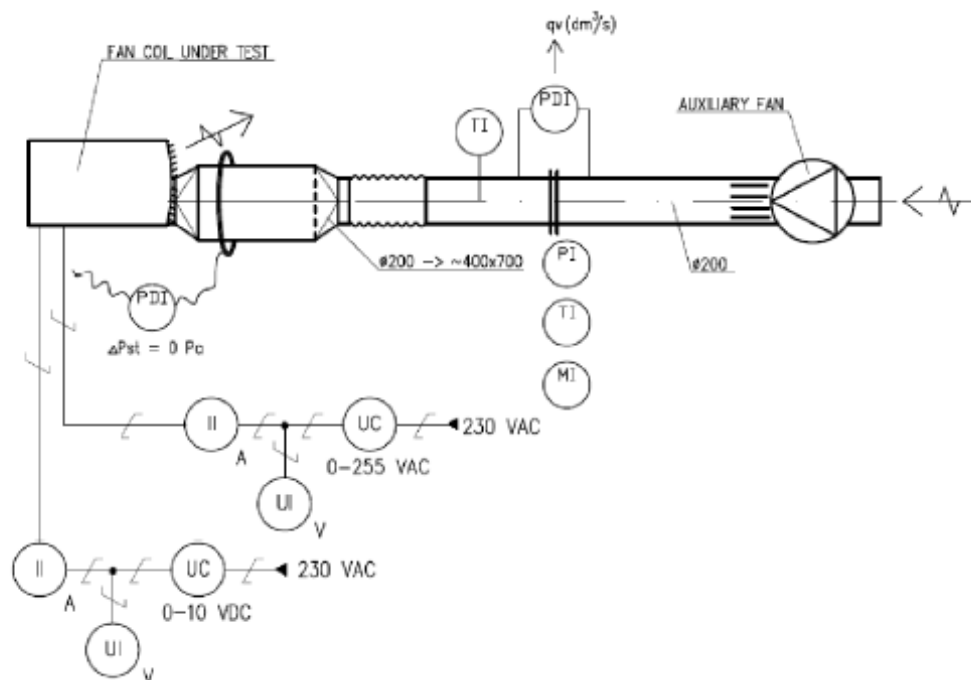
Laitteet eroavat myös kilpailijoiden laitteista siten, että kaikissa kasetti- ja puhallinkonvektoreissa puhallin sijaitsee laitteen imupuolella. Tällä saadaan aikaan pienempi äänitaso, parempi energiatehokkuus ja mahdollisimman vedoton ilmastointi. Etu piilee siinä, että ilmamäärän ei tarvitse olla niin suuri, kun patteri sijaitsee puhaltimen imupuolella. Puhallin joutuu tekemään suuremman työn puhaltaessaan patterin läpi. Kuvassa 2 on esitetty periaate tästä. Laboratoriotestit osoittavat, että jos tuotetaan 55 litraa jäähdytettyä ilmaa sekunnissa, niin imupuolella olevan puhaltimen tehoksi riittää 5 W, kun taas painepuolella olevan puhallin tarvitsee samaan työhön yli 60 W tehoa. VTT:llä

suoritetussa tutkimuksessa on käytetty identtistä puhallinta molemmissa tapauksissa ja imupuolen tapauksessa syvempää jäähdytyspatteria, jolloin saadaan myös enemmän jäähdytystehoa. [10]



Kuva 2. Havainnollistus ilman jakautumisesta patterin läpi [6]

Laitteiden äänen tehotasoja on mitattu Insinööritoimisto Zennerin sekä VTT:n äänilaboratorioissa, ja mittauksessa on käytetty ISO-standardi 3741:n mukaista mittaustapaa. Tämä tarkoittaa että äänen tehotaso mitataan täysin kaiuttomassa tilassa. Sillä äänitasot ja ilmamäärä ovat toisiinsa sidotut. Kuvassa 3 nähdään, kuinka esimerkiksi Grand VariPro -koneen ilmamäärät on mitattu.



Kuva 3. Puhallinkonvektorien ilmamäärän mittaustapa [11]

Vaikka laitteet ovat tehty pääsääntöisesti ilmastoinnin jäähdytykseen, laiteita voidaan käyttää myös lämmityskäytössä. Järjestelmä sopii olla sekä 2- että 4-putkijärjestelmiin. Lämmityksen 2-putkijärjestelmässä tuodaan koneelle vain radiaattoriverkostosta lämmin vesi, tällöin koneen kaikki patterin putkikierröt ovat lämmityskäyttöön. 4-putkijärjestelmässä tuodaan laitteelle sekä kylmä ja lämmin vesi, tällöin koneen sisällä yksi putkikierto on lämmitykselle ja loput jäähdytykselle.

Kaikissa laitteissa on vekattu suuripinta-alainen suodatin joka on helposti huollettavissa ja vaihdettavissa. Suodatin kestää puhdistamisen myös vedellä. Laitteet erottuvat omaksi edukseen myös siten, että laitteiden lamellit ovat sileäpintaisia, jolloin pöly ei tartu niin helposti lamellin väleihin. Tämä lisää laitteiden käyttöikää ja tehot eivät laske elinkaaren aikana. Karheaa lamellia toisin sanoen rikottua lamellia käytetään vain BOX VariPro -koneen tehokkaimmissa malleissa, jolloin halutaan maksimoida jäähdytyspinta-ala patterissa. Rikotussa lamellissa on enemmän lamelleita kuin sileäpintaisissa, ja ne on rivissä limittäin, jolloin lamellien jäähdytyspinta-alaa saadaan enemmän.

Kaikkiin laitteisiin on saatavilla kondenssivesipumppu, vesiventtiili, seinäsäädin ja kytkentäjohto pistotulpalla. Pistotulpalla varustetut koneet nopeuttavat urakkaa siten, että myös putkimies voi tehdä sähköliitoksen. Näin ollen myös sähköurakka voi edetä nopeampaa tahtia eikä tarvitse odotella, sillä riittää kun tuo koneille valmiiksi pistorasiat. Muut lisävarusteet ovat laitekohtaisia. Säleiköt, suojakuoret ja kotelot voidaan maalata arkkitehdin haluamaan värisävyyn.

Haalauksen helpottamiseksi isommissa toimituksissa laitteet voidaan merkitä LVI-suunnittelijan laatimilla laitetunnuksilla. Näin ollen laitteet löytävät oikean paikan työmaalla, sillä ulkoisesti samanlaiset laitteet voivat olla erilaisia tehoiltaan ja äänitasoiltaan.

3.2 BOX VariPro

BOX VariPro on kasettimallinen puhallinkonvektori. Käyttökohteet ovat pääsääntöisesti toimistot sekä kauppakeskukset. Laitetta on saatavilla kahdessa eri koossa, jotka ovat mono 600x600 mm sekä tupla 600x1200 mm. Suurempi malli koostuu kahdesta 600x600 mm:n moduulista, kuvassa 4 nähdään molemmat mallit. Laitteet on suunniteltu kooltaan siten, että ne menevät suoraan alaslaskettujen kattojen 600x600 mm:n

elementtiin, jolloin laitteesta jää vain säleikkö näkyviin. Laitteen voi myös asentaa vapaalla asennustavalla kokonaan näkyville ja siihen saa halutessaan suojakuoren. Säleikön vakiovärisävy on RAL 9003 (signal white) ja suojakuoren RAL 9010 (pure white).



Kuva 4. BOX VariPro 600x600 mm sekä 600x1200 mm [2]

Laite imee tulevan ilman keskiosasta ja puhalttaa sen siitä 4 eri sivulle. Ilmavirtaa voidaan suunnata siten, että mono koosta voidaan sulkea 2 suuntaa neljästä ja tupla koosta molemmista moduuleista 1 suunta. Laitteen tullessa ilman kondenssivesipumpua, jolloin kondenssivesien viemärointi toteutetaan viettoviemärointinä, on mahdollista saada koneeseen korotuspala, jolloin saadaan lisää kaatoa. Laitetta voidaan käyttää myös tuloilman päätelaitteena, jolloin laitteen päälle on saatavissa lisävarusteena liitosyhde, 100 mm pyöreään kanavaan. Moduulia kohden voidaan tuoda korvausilmaa n. 20 l/s.

BOX VariProta on ulkoisesti kahta eri kokoa, mutta sisäisesti tehollisesti vaihtelevia malleja on enemmän. Taulukosta 2 nähdään, kuinka jäähdytyspatterien paksuus vaihtelee eri mallien välillä.

Taulukko 2. BOX VariPron kokotaulukko

	Koko	Patterien määrä
600x600 mm	20	1
	40	2
	60	3
	80	3 rikottua
600x1200 mm	100	2+2
	120	3+3
	160	3+3 rikottua

Luonnollisesti mitä enemmän pattereita on päällekkäin koneen sisällä, sitä enemmän saadaan jäähdytys- ja lämmitystehoa. Tapauksissa jossa koneeseen tulee jäähdytys sekä lämmitys, käytettävissä on vain mallit 40, 60, 100 ja 120. Jäähdytystehossa päästään maksimissaan 8,81 kW asti kokonaisjäähdytystehoa, kun kone on 7/12-asteisessa vesiverkossa, ja tuleva ilma mitoituspisteessä on lämpötilaltaan 25-asteista. Mitoitusesimerkkejä on esitetty liitteissä 1 ja 4, tilanteessa, jossa puhaltimelle tuleva viesti on rajoitettu 5 volttiin.

3.3 Grand VariPro

Grand VariPro (kuva 5) on otsapintaan tai seinään sisään upotettava puhallinkonvektori. Pääasiallisesti laite on suunniteltu hotellikohteisiin ja asuinkiinteistöihin. Laitteessa imu ja puhallus ovat samasta säleiköstä, kilpailijoista poiketen. Imuilma otetaan säleikön alareunasta ja laite puhallaa säleikön yläreunasta ilman kattopintaa pitkin, jolloin saavutetaan Coanda-ilmiö ja jolloin taataan täysi vedottomuuden tunne. Laitetta on saatavissa kahdessa eri koossa (700 mm /1000 mm leveä malli). Patteri laitteen sisällä on aina 6 patteririviä paksu. Laite on suunniteltu varsinaisesti hotellikäyttöön, siksi jokaisessa koneessa on valmiiksi takana liitosyhde 125 mm:n pyöreään kanavaan rahtisilmaa varten. Putkiyhteet sijaitsevat laitteen takana, jolloin putkikäätisyyden kanssa ei tule ikinä ongelmia. Tuloilmaa voidaan tuoda laitteen läpi aina 20 l/s asti. Tämän ansiosta hotellihuoneessa ei välttämättä tarvita ylimääräistä tuloilmaelintä. Jäähdytystehossa päästään maksimissaan 3,74 kW:iin asti kokonaisjäähdytystehoa, kun kone on 7/12-asteisessa vesiverkossa, ja tuleva ilma mitoituspisteessä on lämpötilaltaan 25-asteista. Säleikön vakioväri on RAL 9010.



Kuva 5. Grand VariPro [2]

3.4 Studio VariPro

Studio VariPro (kuva 6, koteloitu versio) on puhallinkonvektori, jota voidaan käyttää moneen eri tarkoitukseen. Malleja on kaiken kaikkiaan 7 kappaletta, ja ne jakautuvat vielä siitä neljään eri kokoon. Taulukossa 3 on havainnollistettu eri mallien käyttötarkoitus. Mallit SHLK, SHLC, SV, SVK ja SVKS on tehty rakenteeltaan siten, että ne voidaan liittää kondessiviemärointiin. SVLK ja SVLC on tehty puolestaan siten, että ne ovat kuivaan verkkoon liitettävät, sillä koneissa ei ole kondenssivesikaukaloa. Kaikissa malleissa paitsi mallissa SVKS otetaan imuilma takaa/alta riippuen siitä, onko kone pystyyn vai vaakaan puhaltava ja puhallus eteen/ylös. Toisin sanoen ilma menee koneista suoraan läpi. SVKS -mallissa imu tapahtuu edestä ja puhallus on pystyyn. Koteloidun koneen leveys on 913–1 813 mm ja koteloidun koneen 1 020–1 920 mm. Koot ovat 9, 10, 13 ja 16. Kuorettomiin malleihin on saatavilla erilaisia kanavaosia sekä kammioita. Kuorellisiin koneisiin on saatavilla jalkapaketti sekä kuoren perälevy. Jäähdytystehossa päästään maksimissaan 10,08 kW:iin asti kokonaisjäähdytystehoa, kun kone on 7/12-asteisessa vesiverkossa, ja tuleva ilma mitoituspisteessä on lämpötilaltaan 25-asteista.

Taulukko 3. Studio VariPron mallit

Malli	Käyttötarkoitus
SHLK	Kattoon tuleva vaakaan puhaltava kanavoitava kattomalli
SHLC	Kattoon näkyville tuleva vaakaan puhaltava koteloitu kattomalli
SVLK	Seinälle/ikkunapenkin tuleva pystyyn puhaltava puhaltava (kuiva)
SVLC	Seinälle tuleva pystyyn puhaltava koteloitu seinämalli (kuiva)
SVC	Seinälle tuleva pystyyn puhaltava koteloitu seinämalli
SVK	Seinälle/ikkunapenkin tuleva pystyyn puhaltava puhaltava
SVKS	Seinälle/ikkunapenkin tuleva pystyyn puhaltava puhaltava (imu edestä)



Kuva 6. Studio VariPro koteloitu versio SVC/SVLC [2]

3.5 Giant VariPro

Giant VariPro (kuva 7) on erityisesti laite- ja serveritiloihin suunniteltu puhallinkonvektori, jos tarvitaan paljon jäähdytystehoa ja äänitekniisiä vaatimuksia ei ole. Laitetta saa alaspäin, ylöspäin ja vaakaan puhaltavana. Kokoja on kaksi: 700 mm sekä 1 300 mm leveä. Putkiyhteet sijaitsevat laitteen sivussa, ja putkikätisyys on itse valittavissa. Laitteeseen on mahdollista saada imu- ja painepuolelle kammiot. Kammiot voidaan valita

säleiköllä tai ilman ja sekin on myös mahdollista, että kammiot toimitetaan umpinaisena, jolloin työmaalla voidaan leikata oikeankokoiset lähdöt kanavointia varten. Jäähdytystehossa päästään maksimissaan 18,08 kW:iin asti kokonaisjäähdytystehoa, kun kone on 7/12-asteisessa vesiverkossa, ja tuleva ilma mitoitusasteessa on lämpötilaltaan 25-asteista.



Kuva 7. Giant VariPro [2]

4 Lisävarusteet

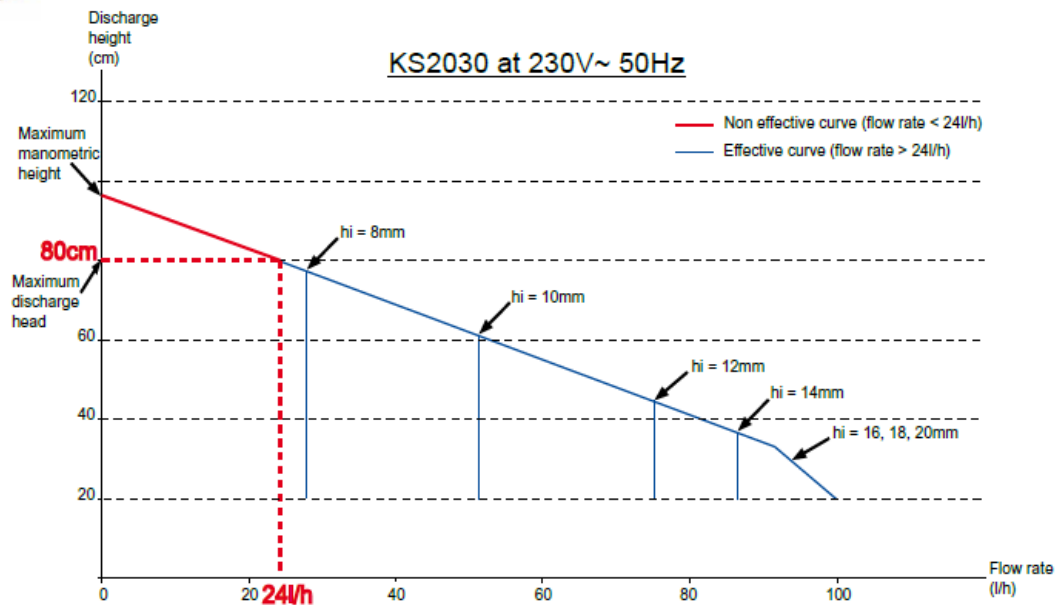
4.1 Kondenssipumppu

Kaikkiin koneisiin on saatavilla kondenssivesipumput kosteasta ilmasta patterien pinnalle kondensoituvan veden poistoon. Kondenssipumppu valitaan, silloin kun viemärointi suoraan vapaalla kaadolla ei onnistu. Tuotteissa BOX VariPro, Grand VariPro ja Studio Vari vakiopumppu on Sauermannin KS2000. Pumppu sijaitsee rakenteellisesti laitteen sisäpuolella. KS2000-pumpun nostokorkeus on 600 mm, kun käytetään 10 mm:n sisähalkaisijalla olevaa kondenssiletkua. Kuvassa 8 on esitetty KS2000-

pumpun nostokäyrä. Suurempia nostokorkeuksia varten on mahdollista saada koneen ulkopuolelle asennettava Sauermannin Si-30 –pumppu, jolla päästään jopa 10 m:n nostokorkeuteen asti. Kuvassa 9 on esitetty Si-30-pumpun nostokäyrä.

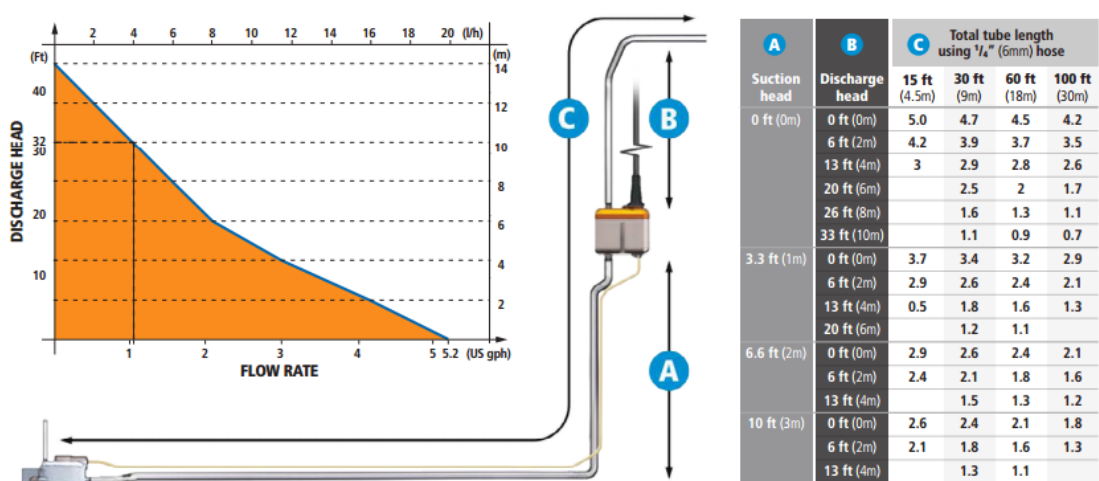


Average Curves

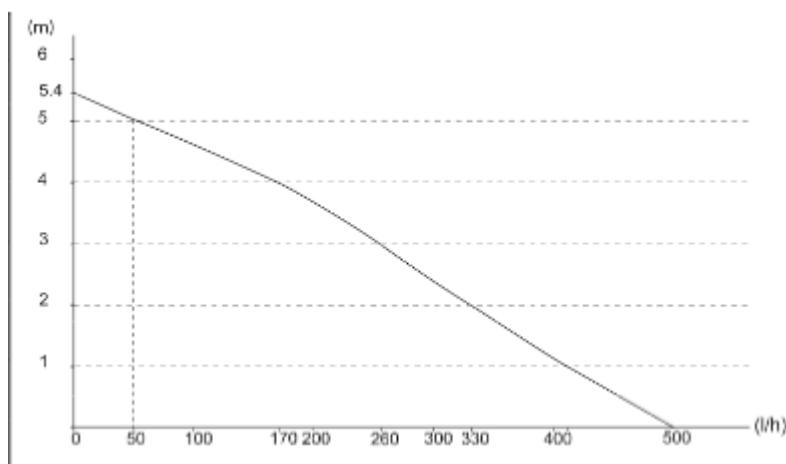


Kuva 8. KS2000-kondenssipumpun nostokorkeuden käyrä [12, s. 8]

ACTUAL FLOW RATES (GPH)



nostokorkeuteen riippuen virtaamasta. Kuvassa 10 on esitetty kyseisen pumpun nostokäyrä.



Kuva 10. Si-82-kondenssipumpun nostokorkeuden käyrä [14, s. 2]

4.2 2- ja 3-tieventtiili

Vaikka paineriippumaton venttiili on jossain määrin syrjäyttämässä perinteisiä 2- ja 3-tieventtiileitä, on niitä vielä saatavilla. Kvs-arvot venttiileillä on 1, 2, 5, 4 tai 6,3 riippuen virtaaman suuruudesta. Venttiilien rungoissa käytetään vahapatruunalla olevia toimilaitteita. Toimilaitteen ohjausjännitte voi valita tarpeen mukaan joko 24 V on/off tai 0–10 V. 24 V on/off -toimilaite sijaitsee aina fyysisesti laitteen sisällä ja 0–10 V:n toimilaite laitteen ulkopuolella.

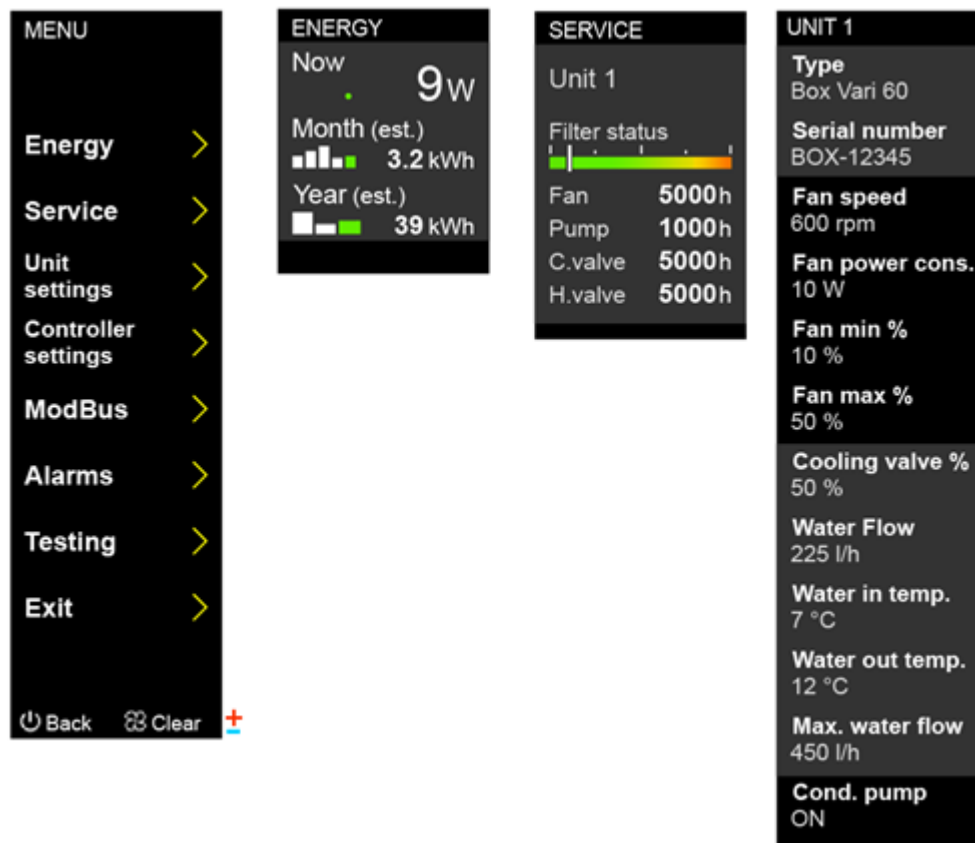
4.3 VariPro-seinäsäädin

Chiller Oy on tuonut uutena markkinoille täysin itse kehittämän VariPro-automatikkakokonaisuuden. Säätimeistä (kuva 11) on suunniteltu mahdollisimman informatiivinen ja helppokäyttöinen. Säätimessä on ledrenkas, joka sinisellä tai punaisella värillä ilmaisee jäädyttääkö vai lämmittääkö kone parhaillaan. Säädin ilmaisee myös sen hetkisen lämpötilan sekä säädetyn lämpötilan asetusarvon, johon päin ollaan menossa. Itse seinäsäädintä on saatavilla musta- sekä valkopohjaisena.



Kuva 11. Mustapohjainen VariPro-seinäsäädin [7]

Osana konseptia on tehty siten, että kaikki tieto koneelta saadaan suoraan säätimelle, jolloin konetta ei tarvitse mennä tutkimaan katon rajasta käsin. Huoltovalikosta voidaan säätää ja tarkastaa koneen/koneiden tila, kuvassa 12 on esitetty säätimellä oleva huoltovalikko. Valikosta nähdään hälytysten lisäksi yksilöllistä tietoa koneesta kuten suodatimen tila, energiankulutus, puhaltimen kierrosnopeus, tulevan ja lähtevän veden lämpötila sekä vesivirtaama. Koneiden käyttöönotto on tehty helpoiksi, sillä säätimessä oleva Start Up Wizard -toiminto hakee ja yksilöi jokaisen säätimen perässä olevan laitteen automaattisesti. Yhdelle säätimelle voidaan ketjuttaa maksimissaan 10 laitetta. Säätimessä on myös toiminto, jolla järjestelmä huuhtelee itsensä avaten kaikki venttiilit täysin auki.



Kuva 12. VariPro-seinäsäätimen huoltovalikko [7]

Liitteessä 7 on esitetty esimerkkinä BOX VariPron sähkökaavio, jossa varusteina on kondenssivesipumppu sekä 2-tieventtiili. Säädin voidaan liittää halutessa Modbus RTU RS-485 -väylällä taloautomaatioon. Tapauksessa jossa säädintä ei käytetä, väylä liitetään suoraan koneen ohjauskortille. Liitteessä 8 on esitetty tilanne, jossa väylää ei ole tai sitä ei käytetä taloautomaatioon liittämiseen, tässä on kyseessä uutena laitteisiin tuleva facelift-kortti. Facelift-kortti tulee korvaamaan aikaisemman ohjauskortin, kyseessä on täysin sama kortti mutta sillä muutoksella, että se mahdollistaa jatkossa I/O-säädön taloautomaatiosta. Asennuksen helpottamiseksi säätimen ja laitteen sekä laitteiden välinen ketjutus voidaan kaapeloida RJ9-liittimillä varustetuilla johtimilla. Johtimet toimitetaan laitteiden mukana.

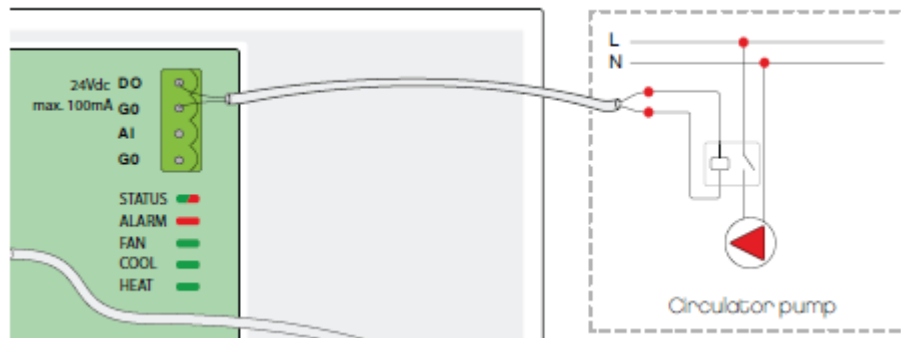
4.4 VariPron digitaali- ja analogiliitännät

Kaikkien VariPro-koneiden ohjainkortilla on valmiina lähdöt ulkoisia ohjauksia varten tai olosuhdetietojen keräämiseen antureilla. Ulkoisia ohjauksia varten on DO (digital out-

put), ja se toimii 24 V:n digitaaliviestillä. Ulkoisia antureita varten on AI (analog input), joka toimii 0–10 V:n viestillä. AI on myös mahdollista tarpeen mukaan konfiguroida DI:ksi (digital input) tapauksiin, jossa halutaan digitaalinen kärkitieto, viesti on silloinkin sama 0–10 V. Kaikki tiedot on luettavissa suoraan säätimeltä tai Modbus-rajapinnan kautta valvomosta. Valitut toiminnot konfiguroidaan aina tehtaalla toimintavalmiiksi.

4.4.1 Kiertovesipumpun ohjaus

Kiertovesipumpun ohjausta (kuva 13) voidaan käyttää esimerkiksi maalämpöpumpun kylmäpiirin pumpun ohjauksessa. Kun puhallinkonvektorille tulee jäähdytyspyyntö, kone antaa 24 V:n digitaaliviestillä käyntiluvan pumpulle. Tämän ansiosta pumppu ei tarvitse erillistä ohjausta, sekä taataan se, että pumppu ei käy turhaan. [16]



Kuva 13. Kiertovesipumpun ohjaus [4]

4.4.2 Lämmityksen pudotus

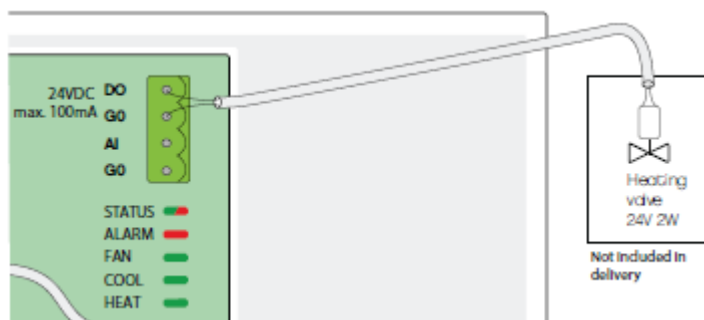
Lämmityksen pudotustoimintoa (kuva 14) voidaan käyttää hyväksi silloin, kun kohteessa ohjataan jäähdytyksen lisäksi lämmitystä erillisellä järjestelmällä. Tämä estää jäähdytyksen ja lämmityksen päällekkäisen ohjauksen, jolloin vältetään turhalta energian käytöltä. [16]



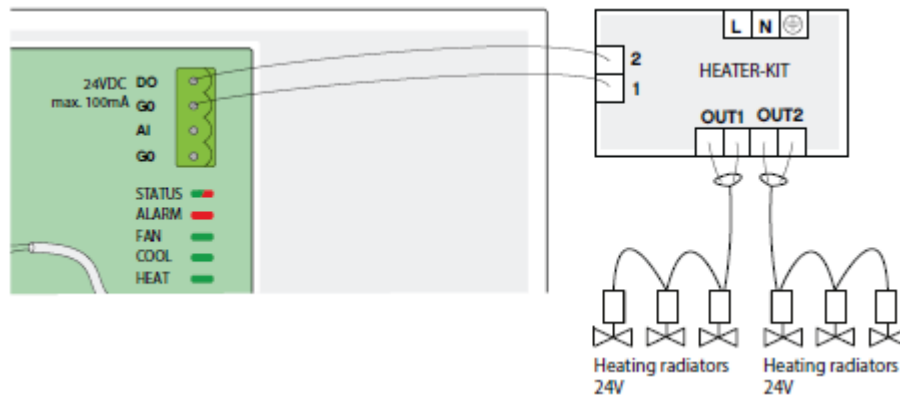
Kuva 14. Lämmityksen pudotus [4]

4.4.3 Radiaattorilämmityksen ohjaus

Samassa tilassa olevia lämmitysradiaattoreita tai lattialämmitystä voidaan ohjata suoraan samalla säätimellä koneen ohjainkortin kautta 24 V:n digitaaliviestillä. Tarvittaessa onnistuu myös 0–10 V AO (analog output). Lämmityksen toimilaitteita voidaan liittää yhdelle ohjainkortille 6 kappaletta. Kun toimilaitteita on maksimissaan 2 (kuva 15), voidaan ne liittää suoraan ohjainkortille. Toimilaitteista ollessa enemmän, tarvitaan väliin Heater-kit (kuva 16), jolloin lähtöjä saadaan enemmän. Tällöin ei tarvita erillistä lämmityksen pudotusta, vaan laitteen oma automatiikka pitää huolen siitä, että ei lämmitetä ja jäähdytetä samaan aikaan. Koko järjestelmän säätö on paljon yksinkertaisempaa ja toimivampaa. [16]



Kuva 15. Radiaattorilämmityksen ohjaus [4]



Kuva 16. Radiaattorilämmityksen ohjaus erillisellä Heater-kitillä [4]

4.4.4 Hiilidioksidin, kosteuden ja erillisen lämpötilan mittaus

Olosuhteita voidaan valvoa erilaisten ulkoisten antureiden avulla (kuva 17). Antureilla voidaan mitata esimerkiksi hiilidioksidipitoisuutta, ilmankosteutta ja lämpötilaa. Ulkoista lämpötila-anturia käytetään, vain jos lämpötilaa halutaan mitata jostain muusta paikasta, kuin missä säädin fyysisesti sijaitsee. Säätimessä on itsestään termostaatti lämpötilan mittausta varten. Tieto tulee ohjainkortille 0–10 V:n analogiviestillä. [16]



Kuva 17. Ulkoinen anturi [4]

4.4.5 Käyntilupa

Laitteelle voidaan antaa ulkoinen käyntilupa (kuva 18) ilman väylää olevasta rakennusautomaatiosta tai erilaisten anturien kautta. Anturi voi olla esimerkiksi hotellihuoneessa läsnäolon ilmoittava avainkorttilukija tai anturi, joka tunnistaa, onko huoneessa ikkunan

tai parvekkeen ovi auki. Käyntilupa on koneelle tuleva 0–10 V:n digitaalinen kärkitieto. [16]

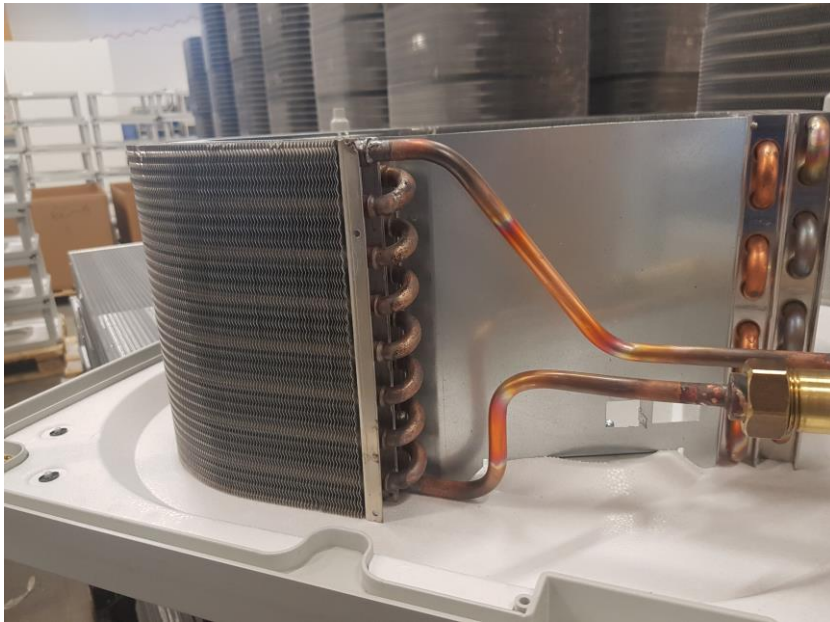


Kuva 18. Käyntilupa [4]

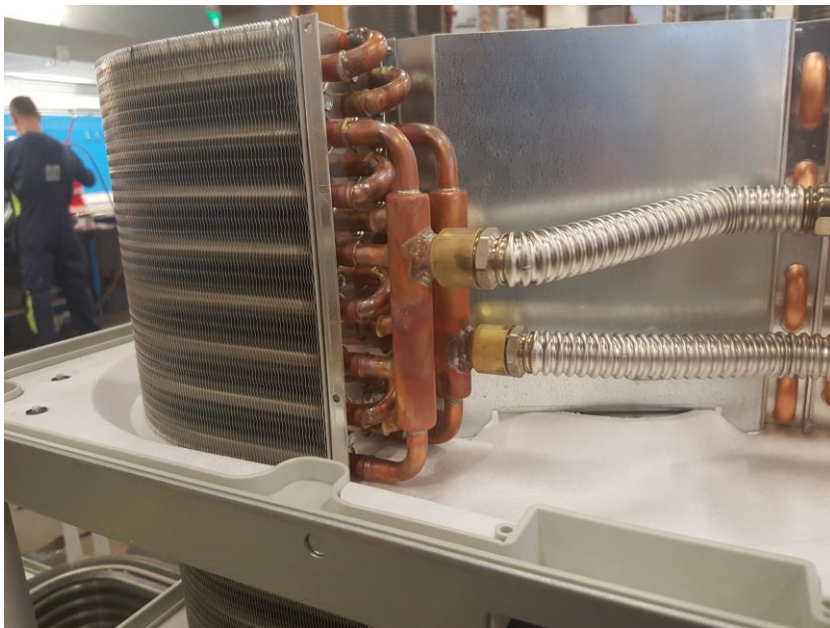
5 Valintakriteerit

5.1 Patterien reititys

Koska konvektorit valmistetaan kaikki tilauksesta, voidaan patterien reititykset sovittaa tarvittavaan virtaukseen. Patterien reittien lukumäärää kutsutaan toisella nimellä paaseiksi. Jos patteri on esimerkiksi 4-paasinen, tämä tarkoittaa sitä, että putkilähtö jakautuu neljään osaan patterin sisälle, tämä on havainnollistettu kuvassa 20. Mitä pienempi vesiverkon lämpötilaero on, sitä enemmän paasituksia tarvitaan. Mitä vähemmän paasituksia on, sitä harvempi on reititys, kuvassa 19 on esitetty 1-paasinen patteri. Tämä on fysikaalisesti selitettävissä sillä, että mitä suurempi lämpötilaero on, sitä pienempi virtaama tietyn tehon siirtämiseen tarvitaan. Mikäli laitteeseen tulee jäähdytys sekä lämmitys, lämmityspuolella reititys on useimmiten 1-paasinen johtuen lämmitysvirtaamaan vesien yleensä suuresta lämpötilaerosta. Taulukosta 4 nähdään koneiden mahdolliset paasitukset. Vääränlainen reititys voi aiheuttaa ongelmia, siten että liian harvalla reitityksellä tulee liian suuret painehäviöt ja liian tiheällä reitityksellä virtaama saattaa muuttua täysin laminaariseksi, jolloin patterin lämmönsiirto romahtaa.



Kuva 19. Box VariPron 1-paasinen patteri [5]



Kuva 20. VariPron 4-paasinen patteri [5]

Taulukko 4. Laitteiden patterien mahdolliset reititykset

Laite	Mahdolliset paasitukset jäähdytys tai lämmitys	Mahdolliset paasitukset jäähdytys ja lämmitys
BOX VariPro	1, 2, 4	1+1, 2+1, 4+1
Grand VariPro	1, 2, 3	1+1, 2+1, 3+1
Studio VariPro	1, 2, 4, 8	1+1, 2+1, 4+1, 8+1
Giant VariPro	4, 8, 16	4+1, 8+1, 16+1

5.2 Äänitekniset vaatimukset

Nykyaikaisessa rakentamisessa eri käytössä olevissa tiloissa on myös eri äänivaatimuksensa. Osaltaan myös rakentamismääräyskokoelmat D2 ja C1 ovat asettaneet tietyt desibelirajat eri käyttökohteisiin. Mitattu äänen tehontaso ei itsessään kerro, mikä on todellinen äänen voimakkuus tietyssä tilassa, joten tätä varten ääni ilmoitetaan painetasona tietyillä huonevaimennuksilla. Äänen painetasolla ilmoittaminen helpottaa laitteiden vertailua esimerkiksi LVI-suunnittelijan näkökulmasta. Äänen painetaso ilmoitetaan laitteissa joko 10 m^2 Sabinen tai 100 m^3 tilan huonevaimennuksella. Sabinen 10 m^2 kokonaisabsorptioala vastaa esimerkiksi jotakuinkin tavallisen pienen toimistuhuoneen huonevaimennusta, ja se pienentää äänen tehontasoa -4 dB . 100 m^3 (kokonaisabsorptioala n. 33 m^2) vastaa suuremman tilan huonevaimennusta 0,5 sekunnin jälkikaiunta-ajalla, ja se pienentää äänen tehontasoa -9 dB . [17] Kaikissa laitteissa mallikohtaisesti puhallin on aina laitekohtaisesti sama. Tästä syystä joudutaan koneiden ohjainkortille tekemään puhalluksen rajoitus äänitasojen ylläpitämiseksi. Laitteiden puhaltimen ollessa EC-tekniikalla 0–10 V:n viestillä on rajoitus helppo tehdä ohjainkortille. Tarkemmin sanottuna puhaltimelle menevän maksimi jänniteviestin suuruutta rajoitetaan. Vaikka ohjainkortille tulisi 10 V:n viesti, jännite rajoittuu tiettyyn volttimäärään kortilla, eikä puhaltimelle mene vain kuin määritetty maksimiviesti. Taulukossa 5 tämä on havainnollistettu.

Taulukko 5. BOX VariPron, Grand VariPron ja Studio VariPron äänitasot (*10 m² Sabine huonevaimennuksella) [4]

Koneen äänirajoitus	Äänitaso keskinopeudella*	Rajoitettu voltiviestialue	Käyttökohde
EL (Extra low)	22-26 dB	2-3 V	Studio, äänilaboratorio ym.
L (Low)	24-31 dB	2-4 V	Neuvottelu- ja hotellihuoneet ym.
M (Medium)	29-35 dB	2-5 V	Toimistot, asuinkiintestöt ym.
H (High)	36-44 dB	2-7 V	Kauppakeskus, liikkeet ym.
EH (Extra high)	41-49 dB	2-10 V	Laite- ja serveritilat ym.

5.3 Venttiilit

Urakkarajoista riippuen venttiilit ovat laitetoimituksessa tai laitteet toimitetaan kokonaan ilman venttiiliä. Nykyään myös on yleistynyt toimitustapa, jossa laitetoimituksessa on vain venttiiliin runko, mutta itse toimilaite tulee eri toimituksessa. Tällöin venttiilin runko tulee aina koneen ulkopuolelle. Erikseen asennettava venttiilin toimilaite voidaan kaapeloida suoraan rakennusautomaatiolle tai säätimelle, mutta se voidaan myös kaapeloida suoraan koneen ohjauskortille.

Käytettäessä 2- tai 3-tieventtiileitä on valinta tehtävä verkoston ohjauksen mukaan. Verkostossa jossa käytetään vedenjäähdyttimessä taajuusmuuttajaohjattua pumppua tai verkostoon on tehty erillinen vesikierto patterille, esimerkiksi IV-lämmityspatterin vesikierto, voidaan vapaasti käyttää 2-tieventtiileitä. Muissa tapauksissa tulisi aina käyttää 3-tieventtiileitä.

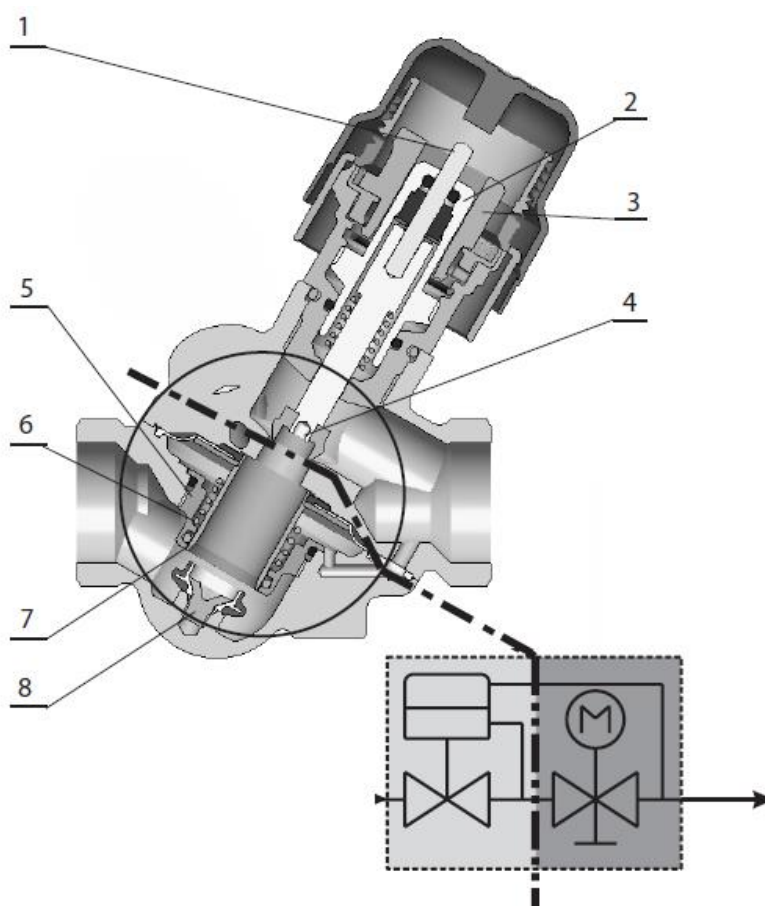
5.4 Ohjaus

Riippuen siitä minkä tyyppisen tilaan konvektorit tulevat, käytetään konvektoreissa joko VariPro-seinäsäädintä tai sitten säätö tulee suoraan taloautomaatiosta. Tähän tietenkin vaikuttavat myös urakkarajat. Esimerkiksi julkisissa tiloissa, sairaaloissa, ostoskeskuksissa ei kannata käyttää seinäsäätimiä vaan ohjaus kannattaa toteuttaa siten, että lämpötila-antureiden avulla ohjaus tapahtuu suoraan taloautomaatiosta. Toimistoissa, hotellihuoneissa, yksityisasunnoissa taas kannattaa käyttää seinäsäädintä, jolloin käyttäjän on itse helppo säädellä lämpötilaa.

6 Paineriippumaton venttiili

6.1 Toimintaperiaate

Paineriippumaton venttiili on ollut markkinoilla jo noin 20 vuotta, mutta sitä ei ole juuri-kaan käytetty vielä ainakaan Suomessa jäähdytysvesiverkoissa. Paineriippumaton venttiili tulee mullistamaan jäähdytysvesiverkon säädön. Paineriippumattomuus tarkoittaa sitä, että virtaama venttiilin yli on sama aina riippumatta verkoston sen hetkisestä paineesta. Kuvassa 21 on esitetty esimerkkinä leikkauskuva Danfossin AB-QM-paineriippumattomasta venttiilistä.

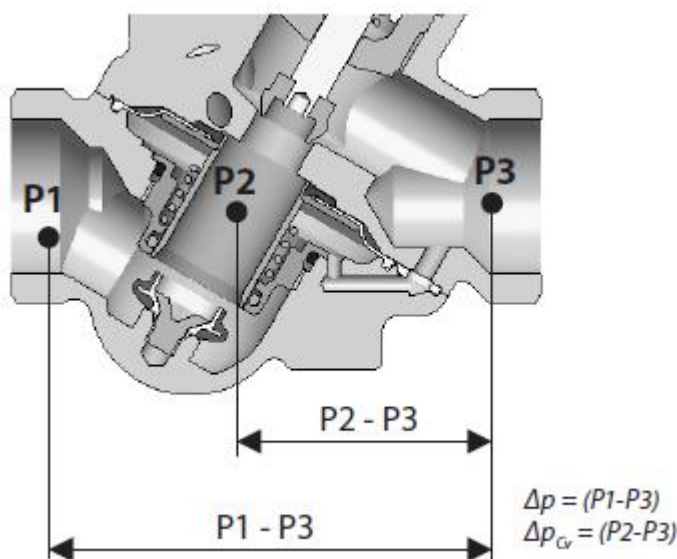


Kuva 21. Leikkauskuva Danfossin AB-QM -paineriippumattomasta venttiilistä [9, s. 8]

Venttiiliä ohjataan toimilaitteella 0–10 V:n viestillä. Toimilaite ohjaa tiivistepesässä (2) oleva karaa (1) auki/kiinni. Osoittimella (3) annetaan esiasetus virtaamaan määritykseen asteikolla 0–100 %. Eri venttiiliko`oilla on oma ominaisvirtaama, esimerkiksi

DN15-koolla 100 %:n virtaama on 0,125 l/s. Näin ollen maksimivirtaama voidaan etukäteen asettaa, jolloin ylivirtaamaa ei tule ja tasapainotus on helppoa. Paineen säätely tapahtuu kalvolla (5), jota ohjaa jousi (6). Painesäätimen kartio (7) kalvon avulla huolehtii vakioaine-erosta säätöventtiiliin yli. [9]

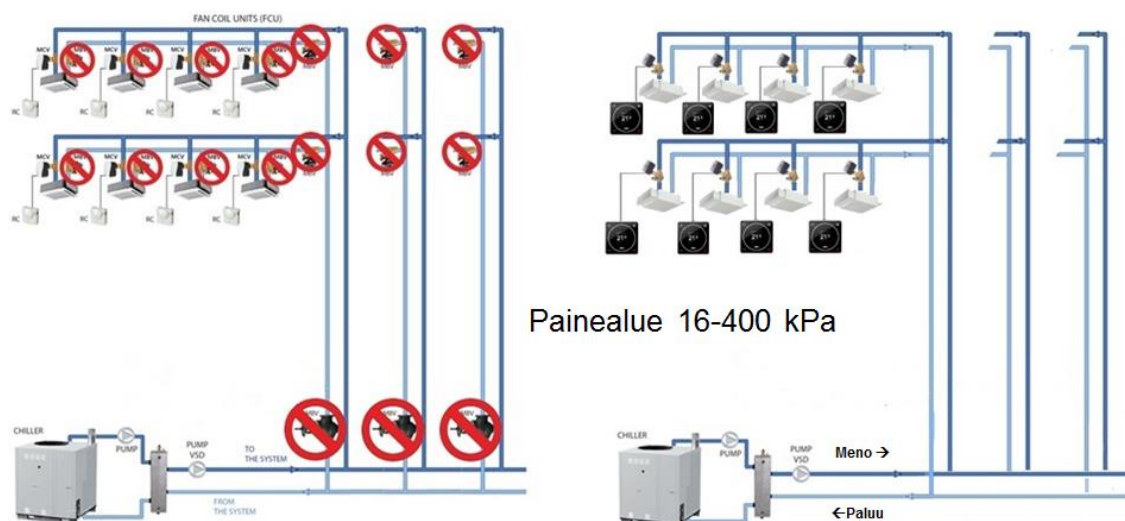
Kuvassa 22 on esitetty paineriippumattomuuden periaate. Paine-ero venttiiliin yli saadaan laskettua $\Delta p = P1 - P3$ niin kuin tavallisissa vesiventtiileissä. Paineriippumattomassa venttiilissä P3 on aina vakio, joten P2 tulee muuttua tarpeen mukaan. Näin ollen $P1 = P2 - P3$. Venttiilin rungossa on myös mittayhteet valmiina, jos virtaamaa halutaan mitata paine-erolla.



Kuva 22. Paineriippumattomuuden periaate venttiilillä [9, s. 8]

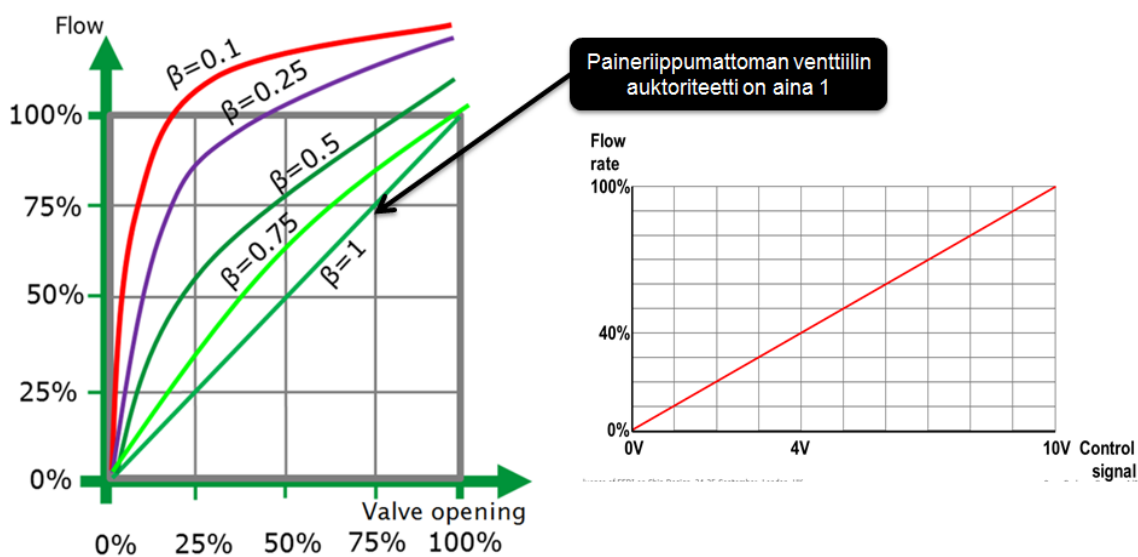
6.2 Hyödyt

Venttiilien lähtiessä tehtaalta työmaalle puhallinkonvektorien mukana, ne on jo valmiiksi asetettu oikeaan virtaamaan. Näin ollen kun verkoston paineesta ei tarvitse murehtia, järjestelmä tasapainottaa automaattisesti itsensä, tämän ansiosta erillisiä linjasäätöventtiileitä linjastossa ei tarvita. Kuvassa 23 on esitetty tätä havainnollistava kaavio. Säästö pelkästään järjestelmän tasapainotukseen menevästä ajasta on merkittävä. Sillä linjasäätöventtiileissä joutuu jokaisen venttiilin asetusarvon käymään erikseen säätämässä sekä mittaamassa paine-erot. Venttiilien painealue on 16–400 kPa.



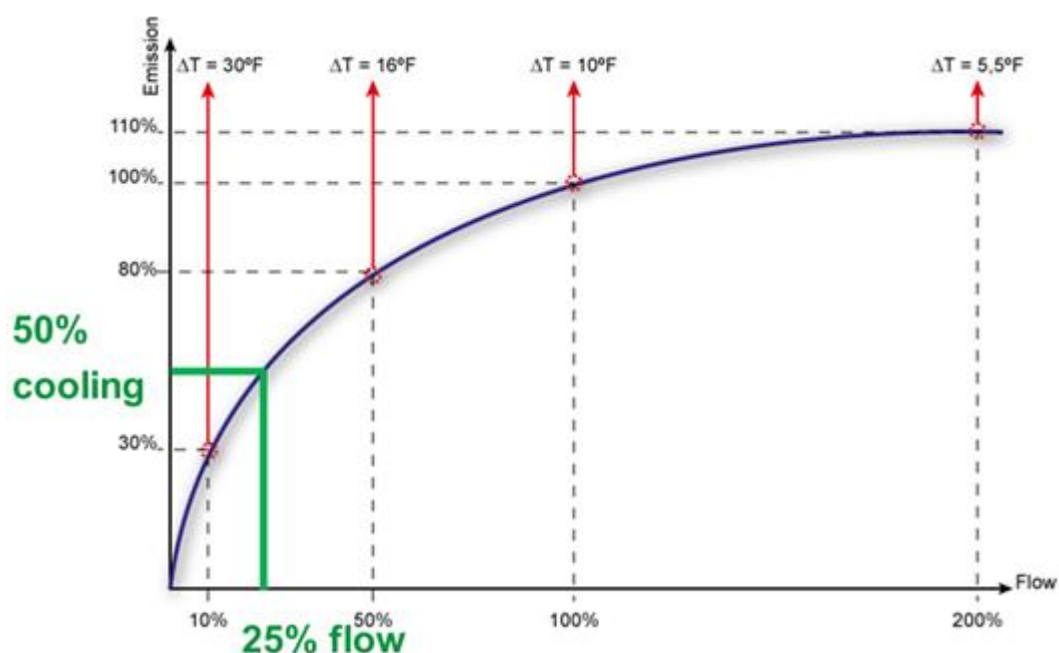
Kuva 23. Jäähdytysjärjestelmä linjasäätö- sekä paineriippumattomilla venttiileillä [7]

Paineriippumattomassa venttiilissä auktoriteetti on aina 1, tämä on havainnollistettu kuvassa 24. Venttiilin auktoriteetti ilmoittaa sitä, että mikä on virtaamaan suhde venttiilin avautumiseen. Tämä tarkoittaa täysin avoimen venttiilin paine-häviön suhdetta sen painehäviöön, jota venttiili säätelee [19, s. 191]. Esimerkiksi auktoriteetin ollessa 1 käyrä on lineaarinen, jolloin jos venttiili on avautunut 40 %, silloin myös virtaama on 40 % mitoitusvirtaamasta. Näin ollen säädettävyyden on erittäin tarkkaa. Vanhemmissa vesi-venttiileissä on usein huono auktoriteetti, sillä pahimmillaan venttiilin ollessa 20 % auki, virtaama on jo 100 %. Tämä aiheuttaa turhia pumppauskuluja.



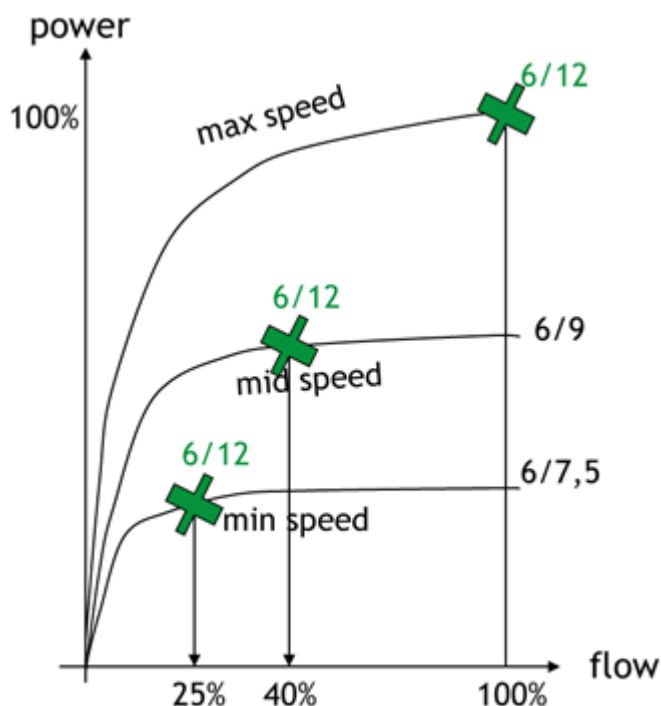
Kuva 24. Venttiilin auktoriteetti [7]

Kuvassa 25 on esitetty käyrä, josta ilmenee virtaaman vaikutus veden tietyillä lämpötiloilla erään konvektorin jäähdytystehoon. Mitoitusvirtaaman kaksinkertaistuksessa saadaan jäähdytystehoa vain 10 % lisää. Turhilla ylivirtaamilla on luonnollisesti suora vaikutus järjestelmän energiatehokkuuteen. Danfoss oli tutkinut Prahassa sijaitsevan toimistotalon jäähdyttämiseen kuluvaan energiakustannusta. Olemassa olevaan jäähdytysjärjestelmään lisättiin paineriippumattomat venttiilit. Uudet venttiilit kohteeseen maksoivat 3.355 €. Verrattuna tilanteeseen, jossa ei paineriippumattomia venttiileitä ollut, säästettiin yhteensä vuodessa arviolta 48 924 GJ energiaa. Tapauksessa energian hinnaksi oli laskettu 9,12 €/GJ, joten takaisinmaksuaika kyseisellä järjestelmällä oli 0,6 vuotta. [8, s. 32–33.]



Kuva 25. Virtaamaan vaikutus jäähdytystehoon [7]

Paineriippumaton venttiili mahdollistaa myös sen, että tulevan ja lähtevän veden lämpötilaero Δt pysyy vakiona. Kuvassa 26 on havainnollistettu jäähdytystehon suhde virtaamaan sekä sitä kautta tulevan ja lähtevän veden lämpötilaeroon 6/12 °C:n vesiverkossa. Tässäkin tapauksessa huomataan, että käyrä on lineaarinen. Vanhalla järjestelmällä tehtynä saavutetaan haluttu lämpötilaero vasta kun virtaama on maksimilla. Vakiona pysyvä veden lämpötilaero mahdollistaa myös järjestelmän osakuormitustilanteissa vedenjäähdytyskoneistolle aina optimaalisen COP-arvon, sen antaman jäähdytystehon ja kompressorimoottoreiden ottotehon suhteen. [15]



Kuva 26. Tulevan ja lähtevän veden lämpötilaerot [7]

7 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli tehdä tekninen selvitys Chiller Oy:n puhallinkonvektori-järjestelmistä. Työtä on myös tarkoitus käyttää pohjana teknisen manuaalin tekemisessä. Työ toteutettiin kirjallisten lähteiden sekä haastatteluiden pohjalta.

Puhallinkonvektorien sielunmaailmaa avattiin lukijalle monelta kantilta. Aluksi kerrottiin ilmastoinnin jäähdyttämisestä yleisesti sekä avattiin hieman yleistä fysiikkaa ilmastoinnin jäähdyttämisen takaa. Yrityksen eri puhallinkonvektorimallit esiteltiin yksityiskohtaisesti sekä niihin saatavia lisävarusteita avattiin lukijalle valintojen helpottamiseksi. Yrityksen oma lanseeraama uusi VariPro-säätöautomaattikka esitellään yksityiskohtaisesti omana kokonaisuutenaan. Uuteen säätöjärjestelmään mukaan tullutta paineriippumattoman venttiilin toimintaa sekä hyötyjä avataan myös tarkemmin lukijalle.

Työn tärkeimpänä kohtana oli se, miten uusi VariPro-säätöjärjestelmä tulee tuomaan ilmastoinnin jäähdytyksen tälle vuosituhannelle ja tähän päälle vielä paineriippumattoman venttiilin tuomat edut. Uusi järjestelmä on hankintakustannuksiltaan vain hieman kalliimpi, mutta järjestelmän elinkaaren aikana säästö on merkittävä verrattuna vanhaan systeemiin.

Työ oli erittäin opettavainen, ja pääsin syvemmin käsiksi laitteisiin. Tästä on myös erittäin paljon apua jatkossa päivittäisessä työssäni. Valmista työtä voidaan käyttää apuna laitevalintojen teossa sellaisenaan.

Lähteet

- 1 Yritys. 2016. Verkkodokumentti. Chiller Oy. <<http://www.chiller.fi/yritys>>. Luettu 10.10.2016
- 2 Ilmastointilaitteet. 2016. Verkkodokumentti. Chiller Oy. <<http://www.chiller.fi/ilmastointilaitteet>>. Luettu 11.10.2016
- 3 Tietoisku Ebm-papstin yhteistyökumppaneille EC-puhaltimet. 2008. Verkkodokumentti. Ebm-papst. <http://www.ebmpapst.fi/fi/dat/media_manager/news/8/news-files/Tietoisku__Mita_erikoista_EC-puhaltimissa.pdf>. Luettu 11.10.2016
- 4 Option -valintaohjelma. Chiller Oy. <<https://portaali.chiller.fi/group/chiller-oy/valintaohjelma>>. Luettu 16.10.2016, 23.10.2016, 7.1.2017
- 5 Jaakkola, Aku. Kuvat Chiller Oy:n tehtaalta Tuusulasta 9.2.2017
- 6 Yritys- ja tuote-esitely. Powerpoint-esitys. Chiller Oy. Luettu 10.12.2017
- 7 VariPro-säätöjärjestelmä. Powerpoint-esitys. Chiller Oy. Luettu 8.2.2017
- 8 Energy Saving Solutions for renovation of heating and cooling systems. 2014. Verkkodokumentti. Danfoss Oy. <http://heating.danfoss.com/pcmpdf/vza6e302_sep2014lowres.pdf>. Luettu 12.4.2017
- 9 Pressure independent balancing and control valve AB-QM DN 10-250. 2014. Verkkodokumentti. Danfoss Oy. <http://heating.danfoss.com/PCMPDF/VDA7F112_AB-QM_3TP.pdf>. Luettu 7.3.2017
- 10 Mittauspöytäkirjat ja raportit. 2013. VTT.
- 11 Mittauspöytäkirjat ja raportit. 2013. Insinööritoimisto Zenner.
- 12 KS2000 Condensate Pump. 2012. Verkkodokumentti. Sauermann. <<http://www.sauermann.com.cn/website/pdf/KS%202000.pdf>>. Luettu 10.12.2016
- 13 Si-30 Mini Condensate Removal Pump. 2013. Verkkodokumentti. Sauermann. <<http://www.swillistonsales.com/media/sauermann/sauermann-si-30.pdf>>. Luettu 10.12.2016

- 14 Si-82 centrifugal pump. 2011. Verkkodokumentti. Sauermann.
<<http://www.actrol.com.au/Global/Assets/Brochures/550-Sauermann-SI182-Brochure-550056-1.pdf>>. Luettu 10.12.2016
- 15 Mentula, Jukka. Myyntipäällikkö, Chiller Oy. Haastattelu 29.11.2016 ja 10.3.2017
- 16 Toivonen, Mikko. Tuotepäällikkö, Chiller Oy. Haastattelu 5.1.2017 ja 13.2.2017
- 17 Korjaustekijät muutettaessa äänen tehotaso äänen painetasoksi. 2000. Painettu taulukko. Arkkitehtitoimisto Alpo Halme.
- 18 Aittomäki, Antero. 1992. Kylmätekniikka. Helsinki. Kylmätuki KY Oy.
- 19 Seppänen, Olli. 2001. Rakennusten lämmitys. 2. Painos Helsinki. Suomen LVI-liitto ry..

Tekninen valinta BOX VariPro-80-M-4 7/12 °C -vesiverkossa



Asiakas:
Kohde:
Tunnus:


Valinnan laskija: Aku Jaakkola
Valinta no: 21269

Kasettipatteri BOX-VariPro

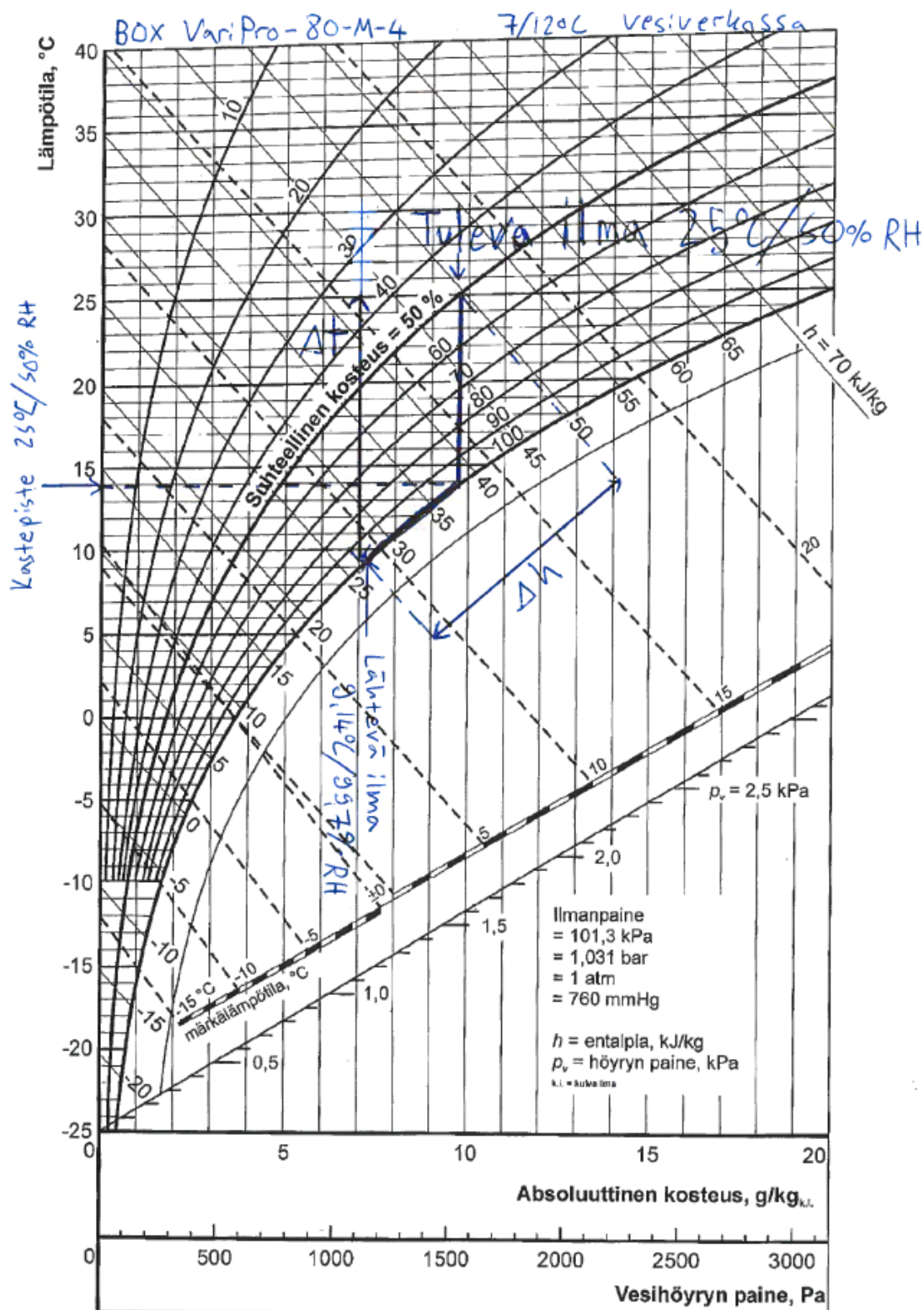
Valinta: BOX VariPro-80-M-4-CV2-DN3-KP-P0-R0-T8C-EX0-DA0

Suoritusarvot	Piste 1	Piste 2	Piste 3	
Ilmamäärä	0,076	0,100	0,107	m³/s
Jäähdytys				
Teho	2,17	2,75	2,91	kW
Tuntuva teho	1,54	1,95	2,06	kW
Patterille tuleva ilma		25,0 / 50		°C/%
Neste virtaama (vesi)		0,131		l/s
Nesteen lämpötila tuleva		7,0		°C
Nesteen lämpötila lähtevä	11,0	12,0	12,3	°C
Nestepuolen painehäviö (lämmönsiirrin)		5,7		kPa
Säätöventtiilin painehäviö		3,6		kPa
Sähkötiedot (puhallin)				
Liitäntä		230-50-1		V/Hz/Ph
Tehonkäyttö	6,0	8,6	9,5	W
Maksimiteho		37,0		W
Maksimivirta		0,33		A
Mittatiedot				
Paino		27,5		kg
Pituus x leveys x korkeus		573 x 573 x 300		mm
Ääni				
Tehotaso $L_{W(A)}$	32,0	39,0	41,0	dB(A)
Painetaso 10 m² Sabine $L_{p(A)}$	28,0	35,0	37,0	dB(A)
Painetaso 100 m³ tila¹ $L_{p(A)}$	23,0	30,0	32,0	dB(A)
Lisävarusteet				
CV2 Jäähdytyksen 2-tiesäätöventtiili kvs 2,5 5 W 0,02 A				
KP Kondenssipumppu 10 W 0,08 A				
P0 Ei kytkentäkaapelia tai turvakytkintä				
R0 Ei raitisilmailiitintää				
EX0 Ei ulkopuolista suojakuorta				
T8C VariPro säädin 10 m kaapelilla ja pikaliittimellä				
DA0 Ei digitalilähtöjä				

BOX VariPro-80-M-4, patterin mitoitus 7/12 °C -vesiverkossa

Customer	Chiller Oy		
Date	7.3.2017		
Project	Fan Coil BOX Vari 80M4		
ECO code	1022A0803115018WXX04	(Generic)	ECO S.p.A. V2R2M3
Fin type	25 X 21,65 Staggered	1022 louvered	1022t (STD)
Type of tube	9,35 Smooth C	Cooling	
Fluid	Water		
Utilized tubes	24	HxLxP [mm]	200 x 1150 x 65
Non utilized tubes	0	Outer area [m2]	14,9
Inner volume [l]	2,013	Frontal area [m2]	0,23
Headers	2 x 16 mm CU	Inner area [m2]	0,811
Tubes per circuit	6		
AIR SIDE		SIDE -Water	
Entering temp. [°C]	25	Entering temp. [°C]	7
U.R. entering [%]	50	Outlet temp. [°C]	12
Outlet temp. [°C]	9,14	Mass flow [kg/h]	459
U.R. outlet [%]	99,7	Volumetric flow [l/h]	459
Flow [m3/h]	360	Flow per circuit [l/h]	115
Flow [kg/s]	0,117	Velocity [m/s]	0,465
Frontal velocity [m/s]	0,435	Coil pressure drop [kPa]	4,07
Pressure drop [Pa]	6,97	Total pres. drop [kPa]	5,26
Barometric pres. [kPa]	101,325		
Altitude [m]	0		
Type of calculation	Countercurrent	Total capacity [kW]	2,67
Corrective factor	1	Sensible capacity [kW]	1,89
Additional equivalent lenght	0	Condensed water [l/h]	1,14

BOX VariPro-80-M-4, Mollier-diagrammissa 7/12 °C -vesiverkossa



Tekninen valinta BOX VariPro-80-M-4 15/18 °C -vesiverkossa



Asiakas:
Kohde:
Tunnus:

Valinnan laskija: Aku Jaakkola

Kasettipatteri BOX-VariPro

Valinta no: 21282

Valinta: BOX VariPro-80-M-4-CV2-DN3-KP-P0-R0-T8C-EX0-DA0

Suoritusarvot	Piste 1	Piste 2	Piste 3	
Ilmamäärä	0,076	0,100	0,107	m³/s
Jäähdytys				
Teho	0,84	1,05	1,10	kW
Tuntuva teho	0,84	1,05	1,10	kW
Patterille tuleva ilma		25,0 / 50		°C/%
Neste virtaama (vesi)		0,084		l/s
Nesteen lämpötila tuleva		15,0		°C
Nesteen lämpötila lähtevä	17,4	18,0	18,2	°C
Nestepuolen painehäviö (lämmönsiirrin)		2,5		kPa
Säätöventtiilin painehäviö		1,5		kPa
Sähkö tiedot (puhallin)				
Liittäntä		230-50-1		V/Hz/Ph
Tehonkäyttö	6,0	8,6	9,5	W
Maksimiteho		37,0		W
Maksimivirta		0,33		A
Mittatiedot				
Paino		27,5		kg
Pituus x leveys x korkeus		573 x 573 x 300		mm
Ääni				
Tehotaso $L_{W(A)}$	32,0	39,0	41,0	dB(A)
Painetaso 10 m² Sabine $L_{p(A)}$	28,0	35,0	37,0	dB(A)
Painetaso 100 m³ tila¹ $L_{p(A)}$	23,0	30,0	32,0	dB(A)

Lisävarusteet

CV2 Jäähdytyksen 2-tiesäätöventtiili kvs 2,5 5 W 0,02 A

KP Kondenssipumppu 10 W 0,08 A

P0 Ei kytkentäkaapelia tai turvakytintä


R0 Ei raitisilmaliitäntää

EX0 Ei ulkopuolista suojakuorta

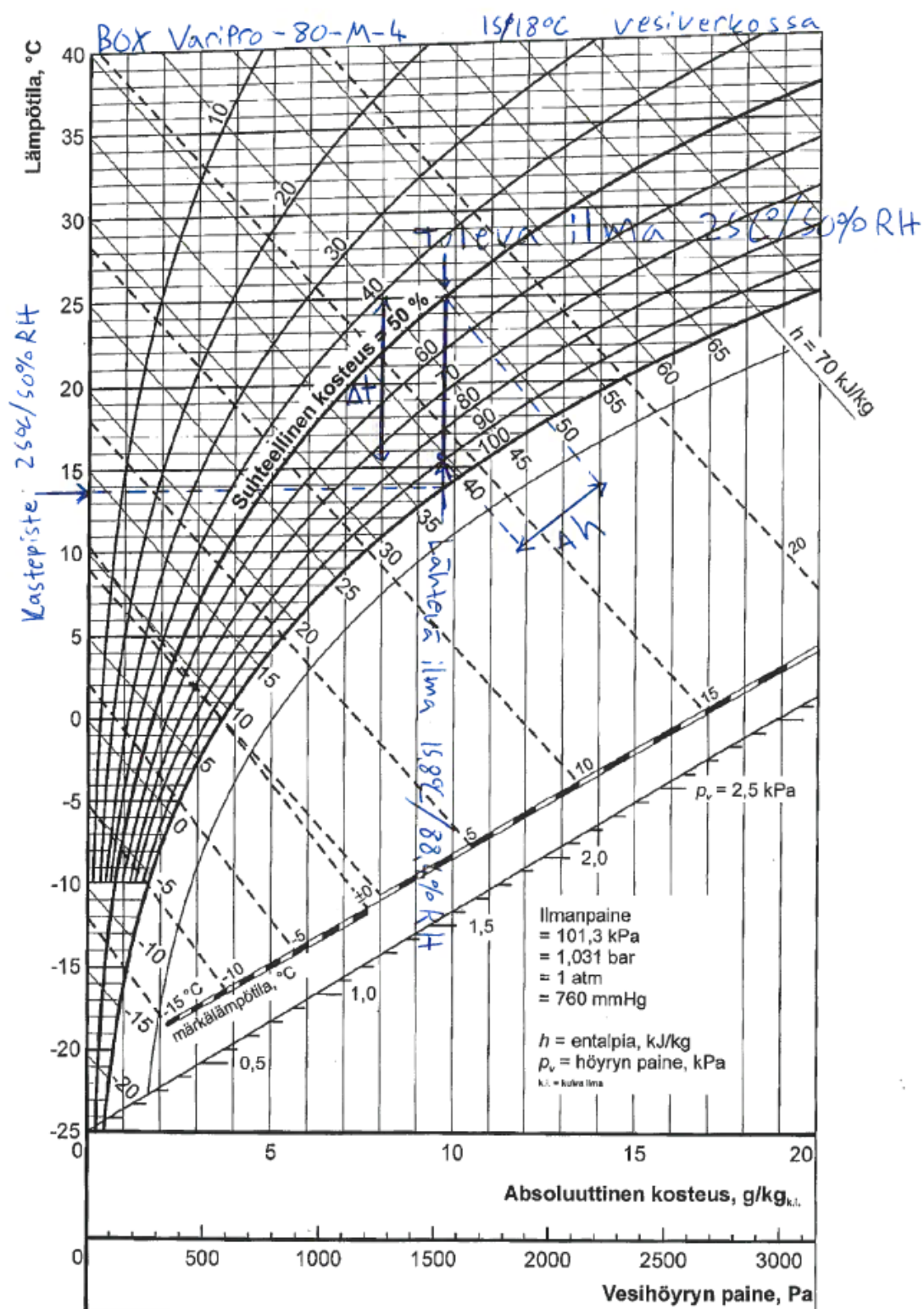
T8C VariPro säädin 10 m kaapelilla ja pikaliitimellä

DA0 Ei digitaalilähtöjä

BOX VariPro-80-M-4, patterin mitoitus 15/18 °C -vesiverkossa

Customer	Chiller Oy		
Date	7.3.2017		
Project	BOX Vari 80M4		
ECO code	1022A0803115018WXX04	(Generic)	ECO S.p.A. V2R2M3
Fin type	25 X 21,65 Staggered	1022 louvered	1022t (STD)
Type of tube	9,35 Smooth C	Cooling	
Fluid	Water		
Utilized tubes	24	HxLxP [mm]	200 x 1150 x 65
Non utilized tubes	0	Outer area [m2]	14,9
Inner volume [l]	2,013	Frontal area [m2]	0,23
Headers	2 x 16 mm CU	Inner area [m2]	0,811
Tubes per circuit	6		
AIR SIDE		SIDE -Water	
Entering temp. [°C]	25	Entering temp. [°C]	15
U.R. entering [%]	50	Outlet temp. [°C]	18
Outlet temp. [°C]	15,8	Mass flow [kg/h]	315
U.R. outlet [%]	88,4	Volumetric flow [l/h]	316
Flow [m3/h]	360	Flow per circuit [l/h]	78,9
Flow [kg/s]	0,117	Velocity [m/s]	0,319
Frontal velocity [m/s]	0,435	Coil pressure drop [kPa]	1,99
Pressure drop [Pa]	4,97	Total pres. drop [kPa]	2,56
Barometric pres. [kPa]	101,325		
Altitude [m]	0		
Type of calculation	Countercurrent	Total capacity [kW]	1,1
Corrective factor	1	Sensible capacity [kW]	1,1
Additional equivalent lenght	0	Condensed water [l/h]	0

BOX VariPro-80-M-4, Mollier-diagrammissa 15/18 °C -vesiverkossa



Varipro-sähkökuva säätimellä

